



21 Aktenzeichen: 197 13 309.6-45  
22 Anmeldetag: 29. 3. 97  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 9. 7. 98

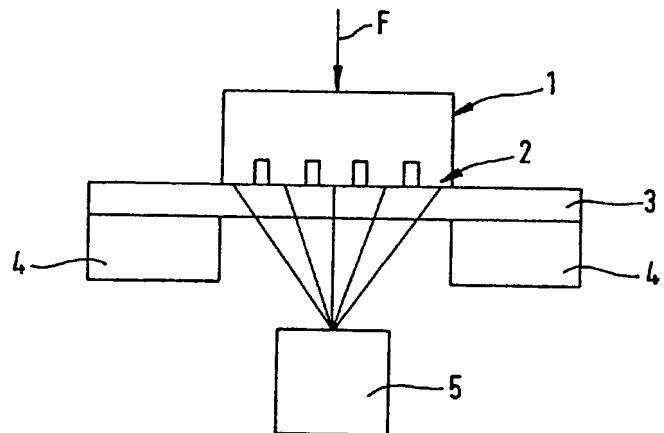
Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Schott Glaswerke, 55122 Mainz, DE  
74 Vertreter:  
Fuchs, Mehler, Weiß, 65189 Wiesbaden

72 Erfinder:  
Ostendarp, Heinrich, Dr., 55128 Mainz, DE; Paasch,  
Marita, Dr., 55124 Mainz, DE  
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 31 14 881 C2  
DE 38 08 380 A1

54 Verfahren und Vorrichtung zur Heißformgebung von Präzisionsstrukturen in Flachglas

57 Mit Präzisionsstrukturen versehenes Flachglas wird für Präzisionsanwendungen, insbesondere im Bereich der Gläser mit optischen Funktionen, beispielsweise für moderne Flachbildschirmgläser der Fernsehtechnik, benötigt. Die Erfindung beschreibt ein Verfahren zur Heißformgebung von solchen Präzisionsstrukturen in Flachglas, bei dem ein erwärmtes Formgebungswerkzeug mit einer strukturgebenden Oberfläche auf einer Seite des Flachglases in das Glasmaterial gedrückt wird. Dabei wird das Formgebungswerkzeug (1) erst kurz vor und/oder während der Kontaktierung mit der Glasoberfläche (3) lokal an der strukturgebenden Oberfläche (2) von außen bis zu einer von einer Tiefe der Strukturen vorgegebenen Oberflächentiefe auf eine Temperatur erwärmt, daß bei Berührung des Glases ein die Strukturen ausbildendes Aufschmelzen erfolgt. Vorzugsweise erfolgt das lokale Erwärmen der strukturgebenden Oberfläche durch eine Laserstrahlung, die durch das Flachglas auf die strukturgebende Oberfläche gerichtet ist. Alternativ ist eine induktive oder elektrische Widerstandsheizung anwendbar.



also US 5-98 79 23

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Heißformgebung von Präzisionsstrukturen in Flachglas, bei dem ein erwärmtes Formgebungswerkzeug mit einer strukturgebenden Oberfläche auf einer Seite des Flachglases in das Glasmaterial gedrückt wird.

Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Vorrichtung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

Mit Präzisionsstrukturen versehenes Flachglas wird für Präzisionsanwendungen, insbesondere im Bereich der Gläser mit optischen Funktionen, benötigt. Derartige Gläser sind beispielsweise Displayscheiben von neueren Flachbildschirmgenerationen (Plasma Display Panel = PDP; Plasma Addressed Liquid Crystal = PALC). In diese Flachbildschirmgläser werden Mikrokanalstrukturen für die Ansteuerung einzelner Zeilen oder Spalten eingebracht, die sich über die gesamte aktive Bildschirmbreite oder -höhe erstrecken und in denen über eine elektrische Entladung Plasma gezündet wird. Die beidseitige Begrenzung eines einzelnen Kanals wird über rechteckige Stege realisiert, deren Breite möglichst gering ( $<100\text{ }\mu\text{m}$ ) ist. Um ein ausreichendes Entladungsvolumen zu erhalten, ist die Höhe der Stege wesentlich größer als deren Breite. Der Abstand der Stege sollte möglichst gering sein. Derzeit werden in Kleinserien typische Werte zwischen  $360\text{ }\mu\text{m}$  und  $640\text{ }\mu\text{m}$  erreicht.

Dabei beträgt die Höhe der Stege etwa  $150\text{ }\mu\text{m}$  bis  $250\text{ }\mu\text{m}$  bei  $50\text{ }\mu\text{m}$ – $100\text{ }\mu\text{m}$  Breite. Durch jeden durch die Stege getrennten Kanal verlaufen verfahrensunabhängig beim PDP eine bzw. beim PALC zwei Elektroden zum Zünden des Plasmas.

Bei der Strukturierung dieser Flachbildschirmgläser, die am Beispiel eines 25"-PALC Schirmes die Größe von  $360\text{ mm} \times 650\text{ mm}$  aufweisen, kommt es wegen der späteren Positionierung der Elektroden entscheidend auf die genaue laterale Dimensionierung und relative Positionier- und Reproduziergenauigkeit der Kanäle und damit auf die Formstabilität des Formgebungswerkzeuges an. Wenn man beispielsweise von einer Heißformgebung mittels eines konventionellen Chrom-Nickel-Stahlwerkzeuges ausgeht, so liegt der Ausdehnungskoeffizient bei ca.  $12 \times 10^{-6}/\text{K}$ . Bei beispielsweise  $360\text{ mm}$  Werkzeuglänge, wie für einen 25" PALC-Bildschirm erforderlich, ergibt dies immerhin pro K Temperaturschwankung eine Längenänderung von ca.  $4\text{ }\mu\text{m}$ . Wenn man davon ausgeht, daß die erforderliche Positioniergenauigkeit der Elektroden in den Mikrokanälen im Bereich von  $\pm 10\text{ }\mu\text{m}$  liegt, können also  $\pm 2,5\text{ K}$  Temperaturschwankung im Strukturwerkzeug erhebliche Probleme bereiten. Bei größeren Bildschirmen, wie beispielsweise 42"-Bildschirmen, sind die zulässigen Temperaturschwankungen entsprechend geringer.

Bei anderen Anwendungen von Flachgläsern mit Präzisionsstrukturen sind die Probleme ähnlich gelagert.

Vorstehende Anforderungen schränken also die Möglichkeiten konventioneller Heißformgebungsverfahren, wie Walzen oder Pressen ein. Die Heißformgebung erfolgt mit zwei unterschiedlichen technologischen Varianten.

Das Heißpressen erfolgt mit sehr heißem Glas. Das Formgebungswerkzeug, eine mit einer entsprechenden Struktur versehene Walze oder Preßform, wird gekühlt, so daß dem heißen Glas Energie entzogen wird und hierdurch eine Verfestigung der Strukturen stattfindet.

Beim Kaltpressen findet ein Energieeintrag durch das Werkzeug statt, das aus einer Walze oder einer Preßform besteht und durch eine entsprechende Energiequelle aufgeheizt wird. Das Werkzeug verbleibt zur Formgebung im gepreßten Glasmaterial, bis eine Abkühlung unter  $T_g$  erfolgt

ist.

Bei der konventionellen Heißformgebung sind zunächst folgende Nachteile gegeben:

- Findet eine Kontaktierung des Glases mit einem Preß- oder Walzwerkzeug als Formgebungswerkzeug nur kurzzeitig statt, d. h. vor der Erstarrung wird das Werkzeug vom Glas entfernt, so entstehen aufgrund des Zerfließens der Glasstruktur nach der Kontaktierung starke Verrundungen.
- Bei einer langzeitigen Kontaktierung, die beim Verfahren des Kaltpressens angewendet wird, treten durch starke Temperaturunterschiede und unterschiedlicher thermischer Dehnungen von Werkzeug und Glas nicht tolerierbare laterale Spannungen auf.

Bei beiden Verfahren sind mit zunehmenden Werkzeugtemperaturen Verklebungen des Werkzeugs mit dem Glas schwer zu unterbinden. Eine weitere wesentliche Anforderung bei der Herstellung der gattungsgemäßen Gläser ist die Einhaltung eines stabilen Produktionsprozesses, bei dem die örtliche Verteilung und die Form der Strukturen extrem konstant eingehalten werden muß. Hieraus ergeben sich folgende zusätzliche Einschränkungen konventioneller Heißformgebung:

- Da bei konventioneller Heißformgebung das Formgebungswerkzeug vollständig aufgeheizt wird, um eine genügende Oberflächentemperatur an der Berührungsfläche zum Glas zu erreichen, treten hohe, in geforderten Genauigkeitsbereichen von  $\pm 2\text{ K}$  (bei typischen Werkzeugstählen und Flachglasgrößen notwendige Einschränkung) nicht reproduzierbare Temperaturen auf, die zu nicht tolerierbaren Deformationen des Werkzeuges führen.
- Bei der Herstellung von strukturiertem Glas mit geringen Strukturradien tritt ein hoher Werkzeugverschleiß auf, der einen ständigen Austausch des Formgebungswerkzeuges erfordert.

Die entsprechenden Nachteile sind auch bei dem durch die DE 38 08 380 A1 bekannt gewordenen Verfahren zum Prägen von Festprogrammen auf Glasdisks gegeben, bei dem eine vorgepreßte Glasscheibe mit glatter Oberfläche durch eine Strahlerplatte in einem begrenzten Oberflächenbereich aufgeheizt und unmittelbar danach durch einen Prägestempel mit der gewünschten Oberflächenstruktur versehen wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs bezeichnete Verfahren so zu führen, bzw. die zugehörige Vorrichtung so auszubilden, daß ein Zerfließen der angeformten Glasstruktur, Verkleben von Glas und Werkzeug, und unkontrollierte Deformationen des Formgebungswerkzeuges, die zu Dimensionsschwankungen der Struktur führen, vermieden werden. Gleichzeitig muß eine große Produktivität erreicht werden können.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt für das Verfahren dadurch, daß das Formgebungswerkzeug erst kurz vor und/oder während der Kontaktierung mit der Glasoberfläche von außen lokal an der strukturgebenden Oberfläche bis zu einer von der Tiefe der Strukturen vorgegebenen Oberflächentiefe auf eine Temperatur erwärmt wird, daß bei Berührung des Glases ein die Strukturen ausbildendes Aufschmelzen erfolgt.

Hinsichtlich der Vorrichtung gelingt die Lösung der Aufgabe gemäß der Erfindung dadurch, daß dem Formgebungswerkzeug mindestens eine äußere, wärmeerzeugende Quelle zugeordnet ist, mittels der kurz vor und/oder während der

Kontaktierung des Formgebungswerkzeuges mit der Glasoberfläche seine strukturgebende Oberfläche von außen lokal bis zu einer von der Tiefe der Strukturen vorgebenen Oberflächentiefe auf eine Temperatur erwärmbar ist, daß bei Berührung des Glases ein die Strukturen ausbildendes Aufschmelzen erfolgt.

Es ist durch die DE 31 14 881 C2 bekannt geworden, Glaskörper mit exakt vorgegebener Gestalt (Sollkurve) und hoher Oberflächenqualität, z. B. Linsen, in der Weise herzustellen, daß ein Glaskörper, dessen Gestalt der angestrebten Gestalt bereits weitgehend angenähert ist, in den erforderlichen Oberflächenbereichen in einer zum Erreichen der Sollkurve ausreichenden Schichttiefe auf eine Verformung durch Pressen ausreichende Temperatur erwärmt und in diesen erwärmten Bereichen verformt wird.

In dem bekannten Fall geht es letztlich um ein Nach-Blankpressen des Glaskörpers, um eine glatte, keine sogenannte "Apfelsinenschalenstruktur" aufweisende Oberfläche zu erhalten, wogegen im Fall der Erfindung durch das lokale Aufheizen des Formgebungswerkzeuges unmittelbar vor oder während der Formgebung dazu dient, auf der Glasoberfläche Strukturen mit einer vorgegebenen Oberflächentiefe zu erzeugen.

Vorzugsweise wird zum lokalen Erwärmen der strukturgebenden Oberfläche des Formgebungswerkzeuges durch das Flachglas hindurch eine Laserstrahlung verwendet, die für Glas durchdringlich ist. Eine derartige Anordnung ermöglicht mit Vorteil eine sehr gleichförmige und reproduzierbare Aufwärmung der strukturgebenden Oberfläche, was alternativ auch durch eine elektrische oder induktive Heizung erzielbar ist.

Die strukturgegebene Oberfläche des Formgebungswerkzeuges wird dabei vorzugsweise auf eine Temperatur erhitzt, die größer als  $T_g$  und kleiner als  $T_k$  ist, wobei  $T_g$  die Transformationstemperatur des zu strukturierenden Glases und  $T_k$  die Temperatur ist, bei der ein Werkzeug mit dem Glas verkleben würde. Bei einer möglichst hohen Temperatur d. h. hohem  $T_k$  werden besonders präzise Strukturen im Flachglas erzielt, wobei es zur Erzielung einer hohen Produktivität förderlich ist, das Flachglas auf eine Temperatur  $T$  vorzuwärmen, die unter  $T_g$  (vorzugsweise 50 K–200 K) liegt.

Um zu vermeiden, daß durch die Erwärmung der strukturgebenden Oberfläche mittels der äußeren Wärmequelle das Formgebungswerkzeug selbst zu sehr erwärmt wird, wird das Formgebungswerkzeug intern gekühlt.

Die Erwärmung durch die Laserstrahlung kann insbesondere zur Vorheizung zusätzlich durch andere geeignete Wärmequellen, beispielsweise Flammleisten, unterstützt werden, um zu vermeiden, daß teure Hochleistungslaser mit sehr hohen Leistungen eingesetzt werden müssen.

Für die Ausbildung der Strukturen durch das Formgebungswerkzeug ergeben sich mehrere Möglichkeiten. So kann nach einer Ausgestaltung der Erfindung das Formgebungswerkzeug kontinuierlich auf der zu strukturierenden Glasoberfläche abgerollt werden.

Um einen ständigen, teuren Austausch des gesamten Formgebungswerkzeuges infolge des Werkzeugverschleißes zu vermeiden, werden die Strukturen vorzugsweise mit einem zweigeteilten Formgebungswerkzeug ausgeführt, das aus einem Basiswerkzeug und einem daran lösbar angebrachten formgebenden Medium mit der strukturgebenden Oberfläche gebildet ist. Im Verschleißfall muß daher nur dieses formgebende Medium ersetzt werden, was relativ einfach und mit geringen Kosten möglich ist.

Ferner erlaubt diese Zweiteilung Freiheitsgrade in der Werkstoffwahl. Wenn beispielsweise gemäß einer Weiterbildung der Erfindung das Basiswerkzeug aus einem Mate-

rial mit geringer Wärmeleitfähigkeit und das formgebende Medium aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit besteht, ist eine ausgeprägte lokale Erwärmung auf die vorgegebene Oberflächentiefe möglich.

Weiterhin ist durch Wahl eines formgebenden Mediums mit einer hohen Schmelztemperatur eine geringe Verklebneigung erzielbar. Besondere Vorteile werden auch gemäß einer Weiterbildung der Erfindung erzielt, wenn bei einem derartigen zweiteiligen Formgebungswerkzeug das formgebende Medium während des Abrollens des Formgebungswerkzeuges vom Basiswerkzeug abgewickelt, in das Glas gedrückt und dort während der Abkühlphase belassen wird. Wegen der geringen Wärmekapazität des formgebenden Mediums im Vergleich zum Werkzeug, einschließlich Basiswerkzeug, tritt eine wesentlich schnellere Abkühlung der angeformten Strukturen ein, was eine größere Produktivität und ein präzises Ausformen dieser Strukturen mit Vorteil nach sich zieht.

Weitere Ausgestaltungen sowie Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

**Fig. 1** in einer Prinzipdarstellung eine Vorrichtung gemäß der Erfindung zum Aufheizen der strukturgebenden Oberfläche eines Formgebungswerkzeuges mittels Laser bei Durchdringung eines für Laserstrahlung transmissiven Mediums (Glas),

**Fig. 2** in einer vergrößerten Darstellung ein zweiteiliges Formgebungswerkzeug mit einem Basiswerkzeug und einem formgebenden Medium,

**Fig. 3** ein zweiteiliges Formgebungswerkzeug gemäß **Fig. 2** mit einer Walze als Basiswerkzeug und einem um diese Walze gewickelten strukturierten Blech als formgebendes Medium,

**Fig. 4** ein zweiteiliges Formgebungswerkzeug entsprechend **Fig. 3**, bei dem jedoch das formgebende Medium in Gestalt des strukturierten Bleches während des Abrollens der Basiswalze von dieser abgewickelt, in das Glas gedrückt wird und während der Abkühlphase im Glas verbleibt,

**Fig. 5** ein zweiteiliges Formgebungswerkzeug mit einer Basiswalze, die mehrfach mit einem Bandmaterial schraubenförmig umwickelt ist,

**Fig. 6** ein Formgebungswerkzeug, bestehend aus zwei mehrfach mit einem Bandmaterial als formgebendes Medium umwickelten achsparallelen Walzen, von denen die eine die Basiswalze mit einer Führungsstruktur in Form von senkrecht zur Walzenachse peripher umlaufenden Ringen ist,

**Fig. 6a** eine Erweiterung der Ausführung nach **Fig. 6** um eine Spannwalze zwecks Spannen des Bandmaterials aufgrund thermischer Dehnungen, insbesondere beim Aufheizen des Formgebungswerkzeuges, und

**Fig. 7** eine Ausführung nach **Fig. 6** bzw. **6a** mit einer Laserstrahlheizung, bestehend aus einem Laserdiodenarray.

Die **Fig. 1** zeigt eine Vorrichtung für ein Verfahren zur Heißformgebung von Präzisionsstrukturen – hier in Form von Kanälen, die durch Stege getrennt sind – in einem Flachglas **3**, im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Flachglas für einen Flachbildschirm mit Mikrokanalstrukturen. Die Vorrichtung sieht ein erwärmtes Formgebungswerkzeug **1** mit einer strukturgebenden Oberfläche **2** vor, das mittels einer Kraft  $F$  auf der Oberseite des Flachglases **3** in das Glasmaterial gedrückt wird, um dort die gewünschten Präzisionsstrukturen auszuformen. Die Vorrichtung weist ferner Gegehkraftaufnahmen **4** auf, um die Kraft  $F$  in bezug auf die Glasplatte **3** zu kompensieren. Gemäß der Erfindung wird das Formgebungswerkzeug **1** erst kurz vor und/oder während der Kontaktierung mit der Glasoberfläche von au-

ßen lokal an der strukturegebenden Oberfläche 2 bis zu einer von der Tiefe der Strukturen vorgegebenen Oberflächentiefe auf eine Temperatur erwärmt, daß bei Berührung des Glases ein die Strukturen ausbildendes Aufschmelzen erfolgt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird dabei gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung zum lokalen äußeren Aufwärmen der strukturegebenden Oberfläche 2 mittels eines Lasers 5 eine Laserstrahlung durch das Flachglas 3 auf die strukturegebende Oberfläche des Formgebungswerkzeuges 1 gerichtet. Alternativ kann auch eine induktive oder elektrische Widerstandsheizung vorgesehen sein.

Dadurch, daß die Einbringung der Wärmeenergie lokal nur an der strukturegebenden Oberfläche stattfindet, kann bei exakter Temperaturführung der Oberfläche mit Vorteil eine vollständige Aufheizung des Werkzeuges umgangen werden, wodurch die eingangs erwähnten Nachteile vermieden werden können.

Der Laser 5 ist so ausgewählt, daß er einen Laserstrahl erzeugt, der für Glas eine möglichst hohe Transmission aufweist, d. h. keine nennenswerte Aufheizung des Flachglases stattfindet, und die strukturegebende Oberfläche 2 nur auf eine derartige Temperatur aufheizt, daß bei Berührung des Glases ein Aufschmelzen stattfindet. Dabei wird das Glas 3 ggf. mittels einer geeigneten anderen Energiequelle bereits auf eine Temperatur vorgeheizt, bei der das Glas noch eine gewisse mechanische Eigenstabilität aufweist (unterhalb der Transformationstemperatur  $T_g$ , und von dem Laser 5 nur die zum Aufschmelzen der Oberfläche benötigte Energie eingebracht wird. Die Temperatur, auf die das Glas vorgeheizt werden kann, beträgt etwa 50 bis 200 K unter  $T_g$ . Sie soll an sich möglichst tief unter  $T_g$  liegen, da das Glas 3 dann fester bleibt. Dies hat aber den Nachteil, daß längere Laser-Bestrahlungszeiten und größere Spannungen innerhalb der ausgeformten Stege auftreten.

Um zu vermeiden, daß sich das Formgebungswerkzeug 1 aufgrund der Erwärmung der strukturegebenden Oberfläche 2 zu sehr erwärmt, wird das Werkzeug 1 mit bekannten Mitteln intern gekühlt.

Das Aufheizen des Formgebungswerkzeuges 1 bzw. dessen strukturegebende Oberfläche 2 zum Formgeben erfolgt auf Temperaturen oberhalb  $T_g$  des Glases, aber unterhalb der Temperatur  $T_k$ , bei der das Glas am Werkzeug kleben würde. Diese letztere Temperatur ist abhängig vom Material des Formgebungswerkzeuges und gegebenenfalls einer Anti-Haft-Beschichtung, sowie auch von der Glassorte. Beispiele für Materialien, an denen Glas schlecht haftet, sind z. B. Chrom-Nickel-Stähle, die bis ca. 850 K einsetzbar sind, weil sie erst bei höheren Temperaturen zum Verkleben neigen. Noch schlechter haften Platin-Gold-Legierungen, ein Material, das allerdings sehr teuer ist, so daß man bemüht ist, geringe Mengen einzusetzen oder einfachere Materialien zu verwenden.

Gegebenenfalls kann die Aufheizung der strukturegebenden Oberfläche 2 des Formgebungswerkzeuges 1 mittels des Lasers 5 auch um andere, geeignete konventionelle Wärmequellen (Flammleisten o. ä.) ergänzt werden. Diese zusätzliche Aufheizung ist insbesondere in der Anlaufphase von Vorteil. Die strukturegebende Oberfläche 2 wird dabei etwa bis zu  $T_g$  vorgeheizt.

Ein Vorteil des Einsatzes des Lasers 5 gegenüber konventionellen Wärmequellen besteht in der Möglichkeit einer exakteren örtlichen und leistungsmäßigen Dosierung. Als Laserquellen eignen sich beispielsweise Nd-YAG-Laser (Wellenlänge 1064 nm) und Hochleistungsdiodenlaser (Wellenlänge etwa 800 nm). Zur gezielten Einbringung der Laserstrahlung ist es notwendig, wie in Fig. 1 skizzenhaft angedeutet, konstruktive Maßnahmen zur Führung des Strahles auf das Werkzeug 1 bzw. dessen strukturegebende Oberfläche

2 vorzusehen, was im Können des Fachmannes liegt.

Der mit dem eingangs erwähnten hohen Werkzeugverschleiß verbundene hohe Kosten- und Umrüstaufwand kann mit Vorteil dadurch umgangen werden, daß, wie im Besonderen aus Fig. 2 deutlich wird, die dem Verschleiß unterliegende strukturegebende Oberfläche 2 des Formgebungswerkzeuges 1 durch ein formgebendes Medium 7 ausgebildet wird, das lösbar an einem Basiswerkzeug 6 befestigt wird. Dieses formgebende Medium kann, wie dargestellt werden wird, durch verschiedenartige Strukturen gebildet werden. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist ein dünnes strukturiertes Blech 7 vorgesehen, das den auszuformenden Stegen konforme Durchbrüche 7b aufweist. In die Oberfläche des Basiswerkzeuges 6 sind dabei, wie in Fig. 2 skizziert, den Durchbrüchen entsprechende Strukturen 7c zur Positionierung des Bleches eingebracht. Diese Strukturen sind im Falle der Anwendung bei Flachbildschirmgläsern zudem wesentlich einfacher zu erzeugen, als ein strukturiertes Ein-Komponenten-Werkzeug zur direkten Formgebung. Das dünne Blech 7, das die strukturegebende Oberfläche 2 bildet, kann Stärken von etwa 50 µm bis 600 µm besitzen, bevorzugt sind für Displayanwendungen etwa 100 bis 250 µm. Die Abstände der zur Ausbildung der Stege notwendigen Durchbrüche 7b (Schlitze) betragen etwa 150–750 µm, die Schlitzbreite etwa 50–100 µm.

Anstelle der Durchbrüche 7b im Blechteil 7 können auch Einbuchtungen, in der Drucktechnik Näpfchen genannt, vorgesehen sein.

Durch die Trennung des formgebenden Mediums, des strukturierten Bleches 7, vom Basiswerkzeug 6, das durch eine Walze oder einen Stempel gebildet werden kann, kann mit Vorteil für das Basiswerkzeug 6 ein Material mit geringer thermischer Dehnung und hoher Reißfestigkeit, beispielsweise ein spezielles Keramikmaterial, verwendet werden. Bei der Auswahl des separaten formgebenden Mediums 7 kann anderen Faktoren, wie beispielsweise einer minimalen Verklebeneigung mit dem Glas, hoher Verschleißfestigkeit und hoher Temperaturbeständigkeit, wie sie z. B. durch die erwähnten Chrom-Nickel-Stähle oder Platin-Gold-Legierungen erzielt werden, Rechnung getragen werden.

So ist es denkbar, als Werkstoff für das Basiswerkzeug 6 Quarzal zu verwenden, das einen sehr geringen Ausdehnungskoeffizienten von  $0,56 \times 10^{-6}/K$  besitzt. Im Vergleich zur Verwendung von Stahl als Basiswerkzeug sind dann bei gleichen zulässigen Längenschwankungen etwa 20-fache Temperaturschwankungen zulässig. Dies sind bei einem 25"-Display etwa  $\pm 40K$ .

Der Werkstoff Quarzal besitzt auch eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Nimmt man zugleich für das formgebende Medium einen gut wärmeleitenden Werkstoff, z. B. ein strukturiertes Blechteil gemäß Fig. 2, dann ist gemäß einem weiteren Vorteil des Zwei-Komponentenwerkzeuges eine ausgeprägte lokale isolierte Erwärmung auf die vorgegebene Oberflächentiefe möglich. Da Quarzal auch gleichzeitig eine schlechte elektrische Leitfähigkeit besitzt, ist bei Verwendung von Quarzal als Werkstoff für das Basiswerkzeug 6 alternativ zum Laser 5 gemäß Fig. 1 eine induktive oder elektrische Heizung zur Aufheizung des formgebenden Mediums 7 möglich.

Ein weiterer Vorteil der Trennung zwischen Basiswerkzeug 6 und formgebendem Medium 7 besteht noch darin, daß nach der Formgebung des Glases 3 das formgebende Medium 7 im Glas belassen werden kann, bis dieses abgekühlt ist. Im Vergleich zur Belassung eines vollständigen konventionellen Werkzeuges in der Glasstruktur tritt wegen der geringen Wärmekapazität des formgebenden Mediums eine wesentlich schnellere Abkühlung ein. Insbesondere bei

segmentiertem mit Durchbrüchen 7b versehenem formgebendem Medium, wie im Fall des Bleches 7 nach Fig. 2, werden während der Abkühlung Spannungen zwischen Glas 3 und dem Formgebungswerkzeug 1 minimiert, da thermische Dehnungen des Bleches durch die Durchbrüche kompensiert werden. Das Auslösen des formgebenden Mediums kann dabei durch eine Konizität der erhabenen Teile der strukturgebenden Oberfläche 2 gefördert werden.

Das dem Verschleiß unterliegende Blech 7 kann durch entsprechende konstruktive Lösungen problemlos ohne das Basiswerkzeug zu wechseln, ausgetauscht werden. Hierzu sind verschiedene, später noch beschriebene Vorrichtungen einsetzbar.

Aus der vergrößerten Darstellung nach Fig. 2 wird deutlich, daß die Aufheizung des Werkzeuges 1 prinzipiell lediglich an der dem Glas zugewandten Oberfläche des formgebenden Mediums 7 erfolgen muß, weil die am weitesten vorstehende Oberfläche 2 des Formgebungswerkzeuges 1 in das Glas 3 eindringt und dort das Verdrängen des Glases herbeiführen muß. Das Glasmaterial wird dann durch diese Flächen zur Seite gedrückt und kann in die Zwischenräume 7b eindringen. Bei Verwendung eines Lasers 5, wie in Fig. 1, erhitzt dieser somit im wesentlichen nur die dem Glas zugewandte Oberfläche, wobei auch die Seitenflächen der am weitesten vorstehenden Oberflächen miterwärmt werden. Eine Erwärmung weiterer Flächen des Formgebungswerkzeuges 1 ist insofern dann nicht erforderlich.

Für die Ausbildung des Formgebungswerkzeuges, bestehend aus dem Basiswerkzeug und dem separaten formgebenden Medium, sind verschiedene Ausführungsformen möglich, von denen einige anhand der Fig. 3 und folgende beschrieben werden. Die Fig. 3 zeigt ein als Walze 8 ausgebildetes Formgebungswerkzeug mit dem Basiswerkzeug 6 und dem formgebenden Medium 7, hier ein perforiertes Blech wie in Fig. 2, das mittels einer Spannvorrichtung 9 an dem Basiswerkzeug 6 befestigt ist. Zur Positionierung des Bleches besitzt die Walze 8 analog der Darstellung in Fig. 2 eine entsprechende Struktur 7c. Die Drehachse 10 der Walze 8 ist in horizontaler Richtung ortsfest gelagert. Das Glas 3 wird mit der Vorschubgeschwindigkeit V quasi unter der Walze 8 durchgeführt, die sich entsprechend der Pfeilrichtung dreht und beim Abrollen über die Oberfläche des Flachglases 3 die gewünschten Strukturen aufbringt. Die Walze 8 ist dabei vorzugsweise in vertikaler Richtung weggesteuert, um die Eindringtiefe in das Glas 3 zu steuern.

Die Vorschubgeschwindigkeit des Flachglases 3 liegt bei 0,1–1 m/min. Wenn man von einer Walze mit 200 mm Durchmesser ausgeht, so wird etwa 1–10 mm vor dem Kontakt der Walze mit dem Glas 3 das Werkzeug erhitzt, d. h. etwa 1 sec vor der Kontaktgebung des Formgebungswerkzeuges mit dem Glas 3 wird dieses aufgeheizt.

Bei der dem Papier-Tiefdruck angelehnten Ausführungsform wird somit das gesamte Basiswerkzeug mit dem formgebenden Medium kontaktiert. Durch entsprechende, dem Tiefdruck entnommene Spanntechniken 9 wird dabei ein planes Anliegen des formgebenden Mediums am Basiswerkzeug 6 gewährleistet.

Um die Walzenachse 10 so zu halten, daß sie nur in vertikaler Richtung, wie durch die Pfeile angedeutet, verschiebbar ist, stehen dem Fachmann verschiedene Konstruktionsmöglichkeiten zur Verfügung. Die Anordnung kann dabei auch so getroffen werden, daß die Walze 8, die mit einer großen Kraft F gegen das Glas 3 gedrückt wird, sich allein durch den Vorschub der Glasplatte 3 mitdreht. Es kann allerdings auch ein ergänzender Antrieb für die Walzenachse 10 vorgesehen sein.

Die Fig. 4 zeigt eine andere Ausführungsform für die Einbringung der gewünschten Struktur in das mit dem Vorschub

V horizontal bewegte Flachglas 3 mittels eines walzenförmigen Formgebungswerkzeuges 8, das entsprechend der Fig. 3 aufgebaut ist. Im Gegensatz zu der Ausführungsform nach Fig. 3 wird während des Rollens der Formgebungswalze 8 das formgebende Medium 7 in Form eines Bleches vom Basiswerkzeug 6 abgewickelt, in das Glas 3 gedrückt und dort während der Abkühlphase belassen. Hieraus ergibt sich während der Abkühlphase eine mechanische Stabilisierung der Glasstruktur (das formgebende Medium 7 verhindert ein Zerfließen des noch flüssigen Glases), die bei konventionellen Heißformungsprozessen nicht erzielt wird. Nach der Formgebung der Strukturen im Flachglas 3 kann das abgekühlte formgebende Medium 7 aufgrund der größeren thermischen Kontraktion gegenüber dem Glas 3 wieder leicht aus der ausgeformten Struktur entfernt werden. Ein leicht konischer Verlauf der erhabenen Strukturteile des formgebenden Mediums 7 unterstützt dieses Auslösen.

Eine weitere Ausführungsform ist in Fig. 5 dargestellt, bei der das formgebende Medium nicht, wie in den Fig. 3 und 4, als zusammenhängendes, strukturiertes Blech, sondern als Bandmaterial 7a auf das walzenförmige Basiswerkzeug 6 schraubenförmig aufgewickelt ist. Die Ausführungsform nach Fig. 5 stellt sozusagen eine Abwandlung der Ausführungsform von Fig. 3 dar, bei der anstelle eines zusammenhängenden Bleches 7, an einem Walzenende beginnend, das Bandmaterial 7a um eine Basiswalze 6 entlang eines schraubenförmig vorstrukturierten Steges gewickelt wird, der auch der Abstandseinhaltung des Bandmaterials dient. Gegenüber der Ausführungsform nach Fig. 3 besteht die Einschränkung darin, daß zwischen den auf der Basiswalze 6 befindlichen Bandwicklungen ein Spalt besteht. Dadurch ist jedoch die Ausführungsform nach Fig. 5 prädestiniert für die Einbringung von Linienstrukturen in das Flachglas 3, wie sie beispielsweise bei den eingangs erwähnten Flachbildschirmgläsern aufgebracht werden müssen.

Eine weitere Ausführungsform, bei der das formgebende Medium nicht als vollständiges Blech, sondern als Bandmaterial entsprechend Fig. 5 ausgestaltet ist, ist in Fig. 6 dargestellt. Während bei der Ausführungsform bei Fig. 5 das Bandmaterial fest auf der Walze 6 angebracht ist und diese Walze 6 mit dem Bandmaterial 7a vollständig über die Oberfläche des Glases 3 abrollt, zeigt die Fig. 6 eine Ausführungsform, bei der ähnlich wie in Fig. 4 das formgebende Medium, das Bandmaterial 7a, für eine vorgegebene Zeit in den auszuformenden Strukturen nach dem Aufschmelzen des Glases belassen wird. Die Ausführungsform nach Fig. 6 sieht zu diesem Zweck zwei achsparallele Walzen vor, eine Basiswalze 6 und eine Hilfswalze 11. Die formgebende Basiswalze 6, auf deren einen Ende sich die Bandmaterialzufuhr gemäß dem Pfeil befindet, ist mit senkrecht zur Walzenachse geschlossenen Ringen zur Führung des Bandmaterials 7a versehen, die auch zur Abstandseinstellung des Bandmaterials dienen. Die Basiswalze 6 dient dazu, zur Strukturgebung das Bandmaterial 7a in das Flachglas 3 einzudrücken, um es dann zur Strukturhaltung während der Abkühlungsphase im Glas 3 zu belassen. Hieraus ergibt sich während der Abkühlungsphase eine mechanische Stabilisierung der Glasstruktur (kein Zerfließen) wie bei der Ausführungsform nach Fig. 4, die bei konventionellen Heißformungsprozessen nicht erzielt wird. Nach der Strukturierung wird das abgekühlte formgebende Bandmaterial 7a mittels der zur Basiswalze 6 achsparallelen Hilfswalze 11 aus der Struktur entfernt. Diese Hilfswalze ist vorzugsweise nicht strukturiert, um eventuelle Temperatur- und damit verbundene Längenunterschiede zur Basiswalze 6 kompensieren zu können. Auf dem einen Ende dieser Hilfswalze befindet sich auch die Abfuhr des Bandmaterials gemäß dem gezeigten Pfeil. Es ist auch möglich, mehrere

Bandzu- und abführen auf einer Walze zu realisieren.

Die Führung des Bandes 7a auf der hinteren Hilfswalze 11 erfolgt durch den Vorschub des Glases 3, da das Glas nach der Strukturbildung sehr schnell erstarrt und das Band 7a dadurch bis zum Abheben an der Hilfswalze 11 lateral fixiert ist.

Die Breite des die Struktur formenden Bandes 7a beträgt bei Displayanwendungen etwa 150–750  $\mu\text{m}$  (= Pitchbreite) abzüglich der Schlitzbreite von 50–100  $\mu\text{m}$ , vorzugsweise 200–600  $\mu\text{m}$ . Es ist auch möglich, Bänder mit einer Breite von unterhalb 150  $\mu\text{m}$  zu verwenden, jedoch nimmt dann die Reißfestigkeit des Bandes immer mehr ab. Der Abstand der Bänder voneinander, vorgegeben durch die Führungsringe auf der Basiswalze 6, soll etwa 20–120  $\mu\text{m}$  betragen, vorzugsweise so gering wie möglich sein. Für das Bandmaterial der Ausführungsformen nach den Fig. 5 und 6 bestehen hinsichtlich des Werkstoffes, aus dem sie gebildet werden, die im Zusammenhang mit der Ausführungsform nach Fig. 1 beschriebenen Randbedingungen hinsichtlich des Verklebens mit dem Glas und der Kostensituation. Da insoweit eine Platin-Gold-Legierung auf der einen Seite besondere Vorteile hinsichtlich des Nichtverklebens mit dem Glas besitzt, auf der anderen Seite jedoch sehr teuer ist, muß ein massiv aus diesem Werkstoff bestehendes Band rückgeschmolzen werden. Um diesen Aufwand zu vermeiden, sollte bevorzugt, wenn die Verklebeneigung tolerierbar ist, als Grundmaterial ein Stahlband, das eine entsprechende Zugfestigkeit aufweist und mit einer Anti-Klebe-Schicht versehen ist, verwendet werden.

Die Aufheizung des Bandmaterials 7a erfolgt vorzugsweise mittels Laserstrahlung, wobei, wie vorstehend erwähnt, auch eine induktive oder elektrische Heizung eingesetzt werden kann.

Eine aus Quarz bestehende Basiswalze 6 muß bei Displayanwendungen am Beispiel eines 25"-Bildschirms mit einer Toleranz von ca.  $\pm 40^\circ\text{C}$  temperiert werden, damit insoweit keine zusätzliche Ausdehnung stattfindet, die die gewünschte Genauigkeit von  $\pm 10 \mu\text{m}$  verhindern würde. Zum Zwecke der allgemeinen Erläuterung sei darauf hingewiesen, daß die Ausführungsform mit dem Bandmaterial nach Fig. 6 im wesentlichen der Struktur der bekannten Wafer-Säge entspricht. Der Abstand zwischen den Walzen 6 und 11 kann wegen der schnellen Abkühlung des formgebenden Mediums im Glas vergleichsweise gering bis zur näherungsweise Berührung gehalten werden. Es muß sichergestellt werden, daß das Bandmaterial 7a einige Sekunden in der aufgeschmolzenen Struktur des Flachglases 3 bleibt, bis diese Struktur abgekühlt ist. Der Richtwert eines Abstandes der Walzenachsen von 200 mm gilt für eine bestimmte Vorschubgeschwindigkeit; wenn diese sich ändert, so ändern sich auch entsprechend die vorgegebenen Werte des Abstandes und der Verweildauer des Bandmaterials im Glas.

Weil durch das Aufwärmen des Bandmaterials 7a vor und/oder während der Kontaktierung dieses durch thermische Dehnung locker wird, ist es gemäß der Ausführungsform in Fig. 6a vorteilhaft, eine dritte, nicht strukturierte Walze 12 als Spannwalze vorzusehen, durch die das Bandmaterial gespannt wird. Das Bandmaterial ist hierdurch nur noch über einen kleinen Winkelbereich mit der Basiswalze kontaktiert. Zur Ausbildung der Anordnung nach Fig. 6a stehen dem Fachmann entsprechende Konstruktionen zur Verfügung.

Sämtliche bislang beschriebenen Ausführungsformen sind mit einem Laser zur Aufheizung des formgebenden Mediums 7 bzw. 7a kombinierbar. Die Fig. 7 stellt eine Ausführungsform von Fig. 6 mit einer entsprechenden Laserstrahl-Aufheizung dar. Als Laserquelle 5 dient hier ein Array mehrerer nebeneinander positionierter Diodenlaser.

Diese Laserzeile erzeugt ein zu den Walzenachsen paralleles homogenes Strahlprofil auf der Breite der Basiswalze 6. Zur Aufbringung der Laserstrahlung auf das formgebende Medium 7a und zur Gegenkraftaufnahme der Druckkraft F gleitet das Flachglas 3, das mittels Transportrollen 13 geführt ist, einseitig über einen Gleitfuß 4, neben dem der Strahl des Lasers geführt wird. Ein entsprechender Laser ist beispielsweise mit einer Leistung von 800 Watt bei 0,5 m Zeilenlänge kommerziell erhältlich. Setzt man einen typischen Anteil von etwa 30% für die in Stähle in Wärme umgesetzte Gesamtleistung an, so ergeben sich eingebrachte Wärmeleistungen von 240 Watt. Bezogen auf typische Flachbildschirmgläser von 360 mm  $\times$  650 mm kann mittels eines Lasers von 800 Watt Leistung das formgebende Medium in einem Zeitraum von etwa einer Minute um 100 K aufgeheizt werden, bei Verwendung des Werkstoffes Stahl in dem formgebenden Medium mit einer Dicke von 150  $\mu\text{m}$ . Positioniert man die Laserdioden darüber hinaus noch übereinander, so kann die Laserleistung noch vervielfacht werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Heißformgebung von Präzisionsstrukturen in Flachglas, bei dem ein erwärmtes Formgebungswerkzeug mit einer strukturgebenden Oberfläche auf einer Seite des Flachglases in das Glasmaterial gedrückt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Formgebungswerkzeug erst kurz vor und/oder während der Kontaktierung mit der Glasoberfläche von außen lokal an der strukturgebenden Oberfläche bis zu einer von der Tiefe der Strukturen vorgegebenen Oberflächentiefe auf eine Temperatur erwärmt wird, daß bei Berührung des Glases ein die Strukturen ausbildendes Aufschmelzen erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zum lokalen Erwärmen der strukturgebenden Oberfläche des Formgebungswerkzeuges eine Laserstrahlung durch das Flachglas auf die strukturgebende Oberfläche gerichtet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Erwärmung durch Laserstrahlung zusätzlich durch andere geeignete Wärmequellen, beispielsweise Flammleisten, unterstützt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das lokale Erwärmen der strukturgebenden Oberfläche des Formgebungswerkzeuges durch eine induktive Heizung erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das lokale Erwärmen der strukturgebenden Oberfläche des Formgebungswerkzeuges durch eine elektrische Widerstandsheizung erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die strukturgebende Oberfläche des Formgebungswerkzeuges auf eine Temperatur erhitzt wird, die größer Tg und kleiner Tk ist, wobei Tg die Transformationstemperatur des zu strukturierenden Glases und Tk die Temperatur ist, bei der ein Werkzeug mit dem Glas verkleben würde.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Flachglas mittels geeigneter wärmeerzeugender Quellen auf eine Temperatur T vorgewärmt wird, die 50 K bis 200 K unter Tg liegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß beim Erwärmen der strukturgebenden Oberfläche durch eine interne Kühlung des Formgebungswerkzeuges und geringe thermische Leitfähigkeit dessen innere Aufheizung minimiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungswerkzeug kontinuierlich auf der zu strukturierenden Glasoberfläche abgerollt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Heißformgebung mit einem Formgebungswerkzeug durchgeführt wird, das aus einem Basiswerkzeug und einem daran lösbar angebrachten formgebenden Medium mit der strukturgebenden Oberfläche gebildet ist.
11. Verfahren nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß das formgebende Medium während des Abrollens des Formgebungswerkzeuges auf der zu strukturierenden Glasoberfläche vom Basiswerkzeug abgewickelt, in das Glas gedrückt und dort während der Abkühlphase belassen wird.
12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Heißformgebung von Präzisionsstrukturen in Flachglas (3) nach Anspruch 1 oder einem der folgenden, mit einem erwärmten Formgebungswerkzeug (1) mit einer strukturgebenden Oberfläche, das auf eine Seite des Flachglases (3) andrückbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß dem Formgebungswerkzeug (1) mindestens eine äußere wärmeerzeugende Quelle (5) zugeordnet ist, mittels der kurz vor und/oder während der Kontaktierung des Formgebungswerkzeuges (1) mit der Glasoberfläche, seine strukturgebende Oberfläche von außen lokal bis zu einer von der Tiefe der Strukturen vorgegebenen Oberflächentiefe auf eine Temperatur erwärmbar ist, daß bei Berührung des Glases ein die Strukturen ausbildendes Aufschmelzen erfolgt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die wärmeerzeugende Quelle (5) eine Strahlungsquelle ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlungsquelle ein Laser (5) ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (5) durch ein Array von Laserdioden gebildet ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Laser-Strahlungsquelle (5) auf der dem Formgebungswerkzeug (1) abgewandten Seite des Flachglases (3) angeordnet ist und eine für Glas transmissive Wellenlänge besitzt.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Formgebungswerkzeug (1) aus einem Basiswerkzeug (6) und einem darauf angeordneten separaten formgebenden Medium (7, 7a) besteht.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Basiswerkzeug (6) aus einem Material mit geringer Wärmeleitfähigkeit und das formgebende Medium (7, 7a) aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit besteht.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Basiswerkzeug (6) aus Keramik besteht, das vorzugsweise eine geringe thermische Dehnung besitzt.
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß das formgebende Medium (7) durch ein strukturiertes Blechteil mit geringer Verklebung für Glas gebildet ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das strukturierte Blechteil lösbar am Basiswerkzeug (6) befestigt ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das strukturierte Blechteil am Basiswerkzeug (6) von ihm abwickelbar befestigt ist.
23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Basiswerkzeug (6) eine Walze ist.
24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Basiswerkzeug (6) eine Struktur (7c) zur Fixierung des formgebenden Mediums (7) auf dem Basiswerkzeug (6) aufweist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß das formgebende Medium (7) aus einem um das als Walze ausgebildete Basiswerkzeug (6) gewickelten Bandmaterial (7a) besteht.
26. Vorrichtung nach Anspruch 25 dadurch gekennzeichnet, daß die Walze eine Führungsstruktur für das Bandmaterial aufweist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 26 dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsstruktur durch schraubenförmig angeordnete Stege gebildet ist.
28. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsstruktur durch senkrecht zur Walzenachse peripher umlaufende Ringe gebildet ist.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 25, 26 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß im Formgebungswerkzeug (1) achsenparallel beabstandet zu der als Basiswerkzeug (6) dienenden Walze eine zweite Hilfswalze (11) vorgesehen ist, und das Bandmaterial (7a) über beide Walzen (6, 11), durch die Führungsstruktur beabstandet, abwickelbar ist, unter kontinuierlichem Zuführen und Abführen des Bandmaterials.
30. Vorrichtung nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß der als Basiswerkzeug (6) dienenden Walze mindestens eine Zuführeinrichtung für das Bandmaterial und der Hilfswalze (11) mindestens eine Abführeinrichtung für das Bandmaterial (7a) zugeordnet ist.
31. Vorrichtung nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß zum Spannen des über die Basiswalze (6) und die Hilfswalze (11) umlaufenden Bandmaterials (7a) eine zusätzliche Spannwalze (12) vorgesehen ist.
32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß die erhabenen Strukturteile der strukturgebenden Oberfläche (2) des Formgebungswerkzeuges (1) eine vorgegebene Konizität zum besseren Auslösen aus der geformten Glasstruktur aufweisen.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1

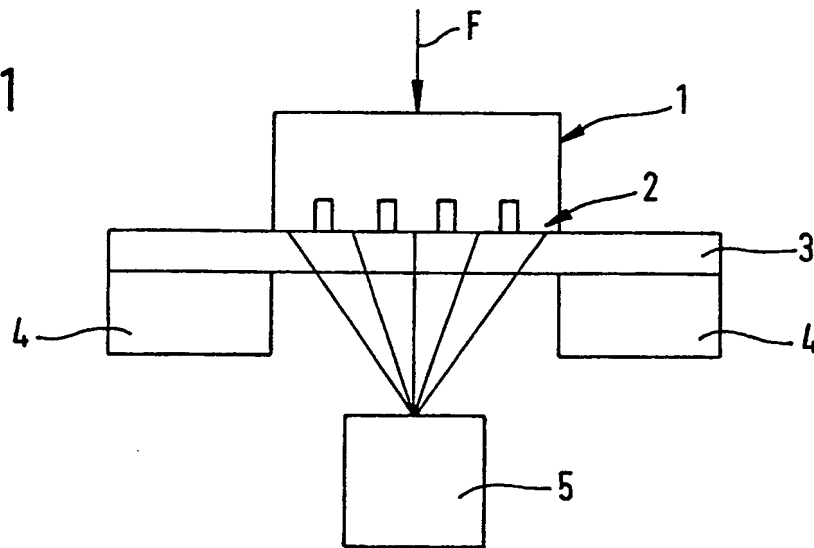


Fig. 2

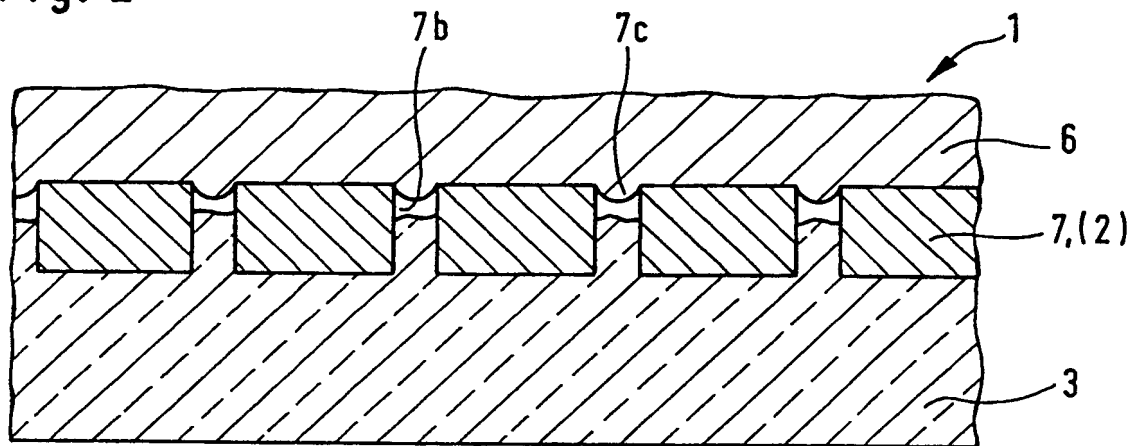


Fig. 3

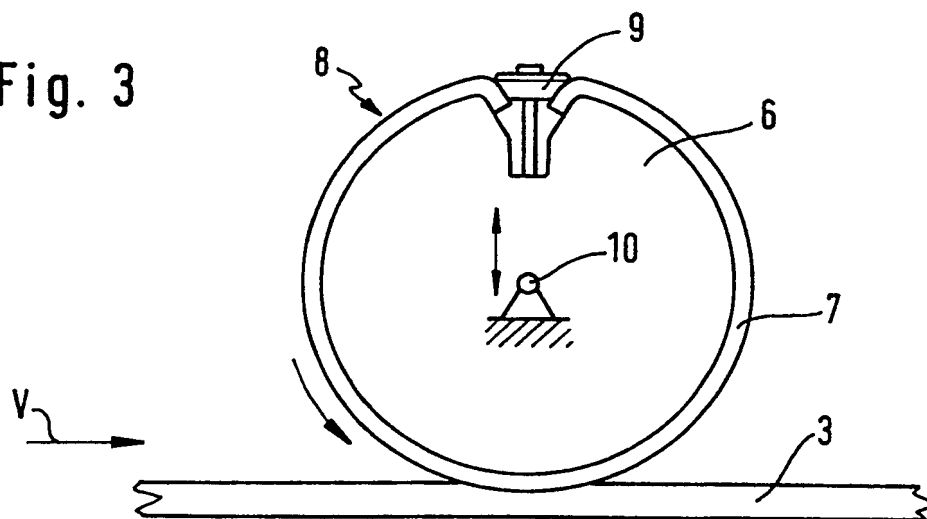


Fig. 4

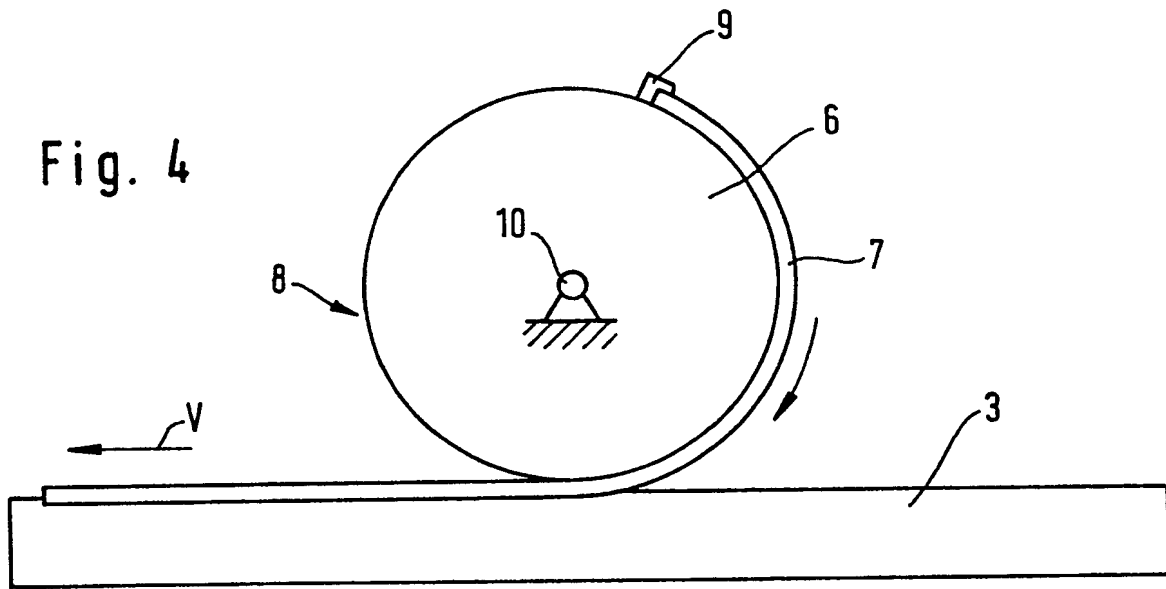


Fig. 5

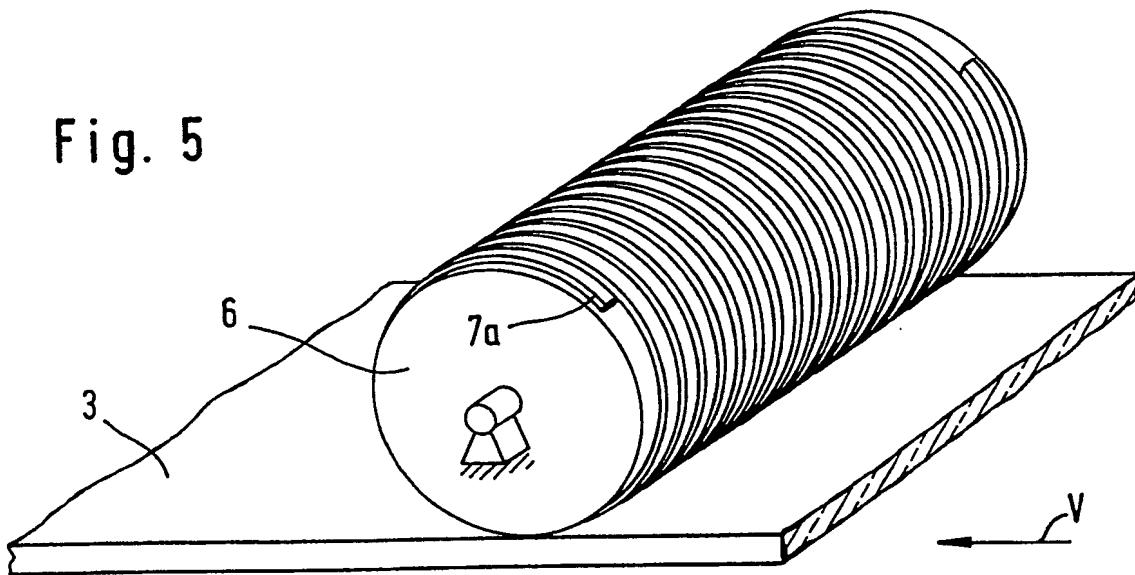


Fig. 6

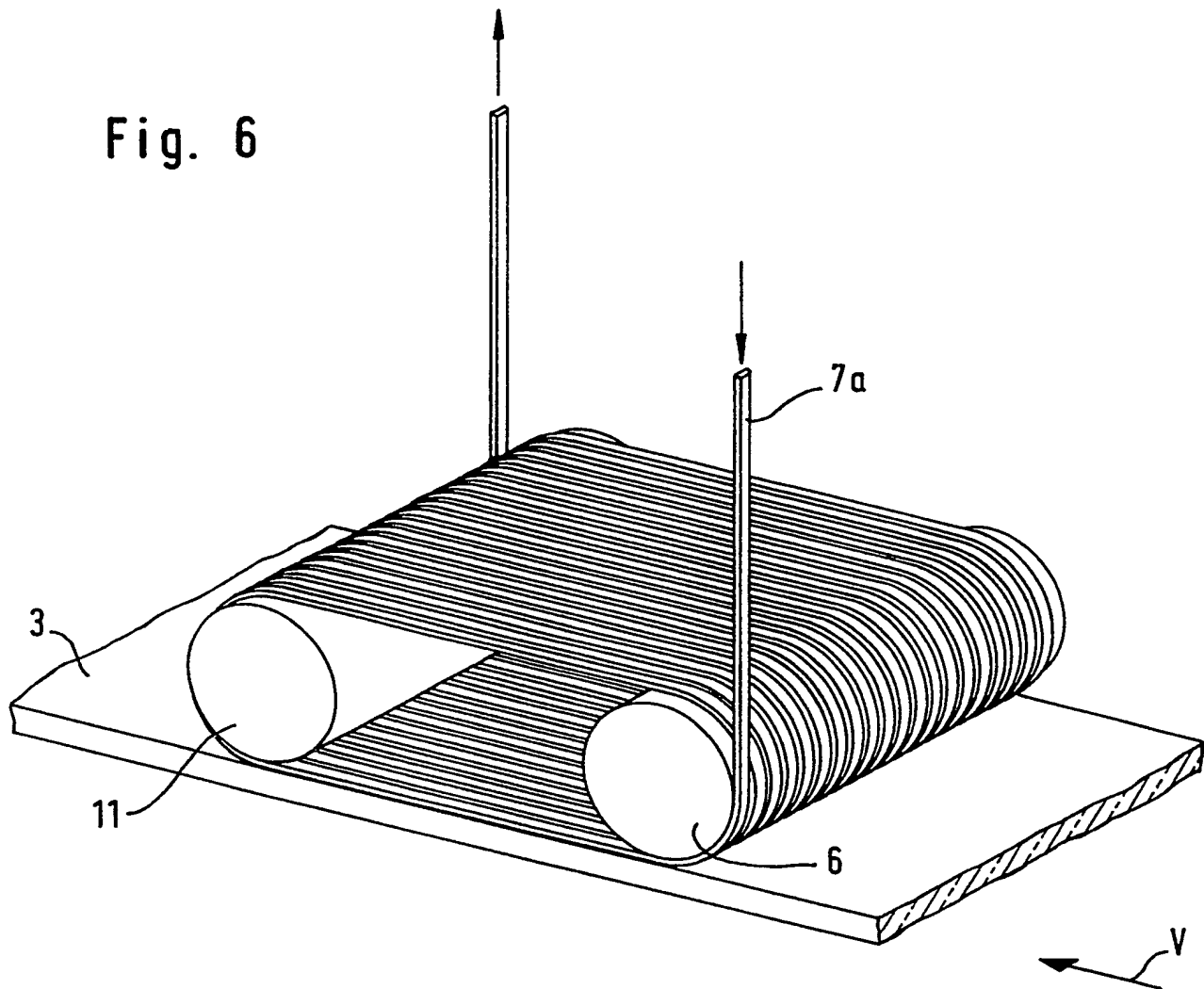


Fig. 6A

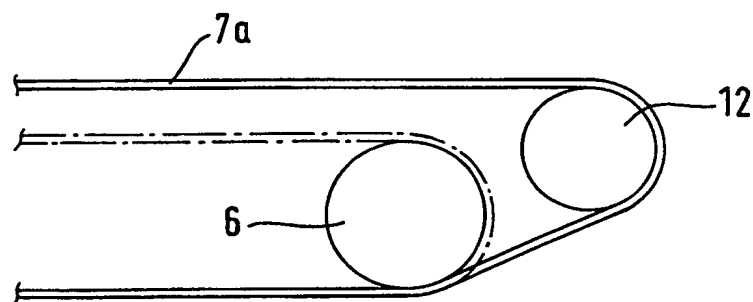


Fig. 7

